



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 08286056 A

(43) Date of publication of application: 01.11.96

(51) Int. Cl

**G02B 6/10****G02B 6/16**

(21) Application number: 07092507

(71) Applicant: SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22) Date of filing: 18.04.95

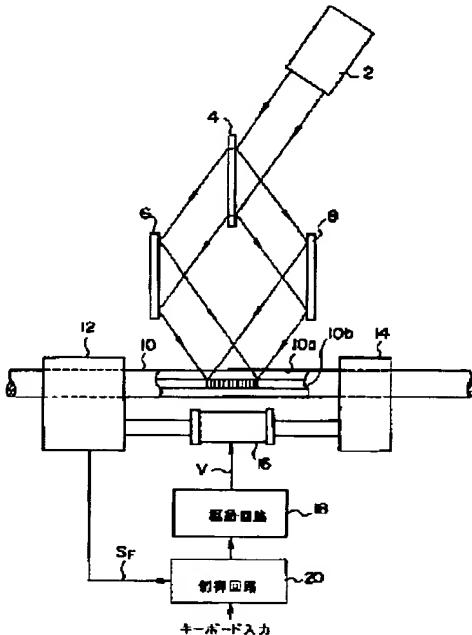
(72) Inventor: ENOMOTO TADASHI  
ITO MASUMI  
INAI MAKI  
INOUE SUSUMU  
MOBARA MASAICHI

## (54) METHOD AND DEVICE FOR PRODUCING FIBER GRATING

## (57) Abstract:

PURPOSE: To provide a method and a device for easily producing a fiber grating having high accuracy and high quality.

CONSTITUTION: An optical fiber 10 held by clamp members 12 and 14 whose opposed space is controlled by a piezo-electric element 16 is arranged on the projection surface of an interference pattern projection optical system provided with a laser light source 2, a beam splitter 4 and reflection mirrors 6 and 8. By projecting an interference pattern under a condition where arbitrary control voltage  $V$  is supplied to the element 16 and tension is applied to the optical fiber 10, a diffraction grating is formed in a core. Thereafter, the projection of the interference pattern and the application of the tension are released so as to reduce the grating by the self-restoring force of the optical fiber 10, whereby the fiber grating having desired reflection wavelength is completed.



(51)Int.Cl.<sup>6</sup>G 0 2 B 6/10  
6/16

識別記号

府内整理番号

F I

G 0 2 B 6/10  
6/16

技術表示箇所

C

## 審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全5頁)

(21)出願番号 特願平7-92507

(22)出願日 平成7年(1995)4月18日

(71)出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72)発明者 横本 正

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 伊藤 真澄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 稲井 麻紀

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

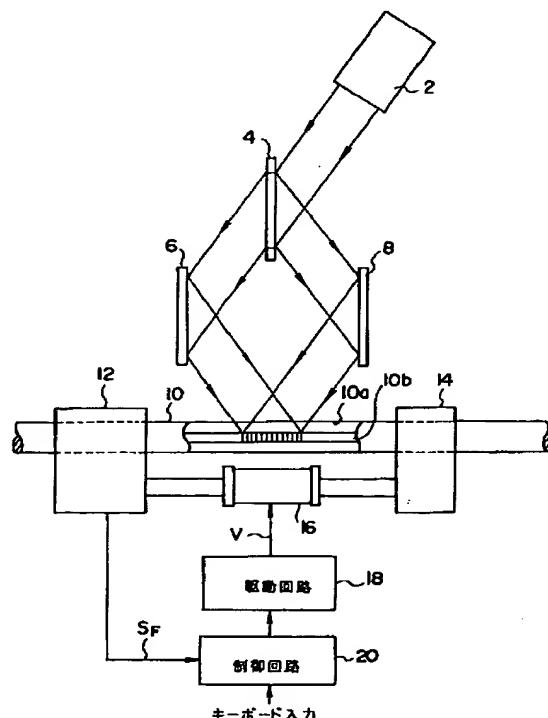
最終頁に続く

## (54)【発明の名称】 ファイバグレーティングの製造方法及び製造装置

## (57)【要約】

【目的】 高精度且つ高品質のファイバグレーティングを簡易に製造する製造方法と製造装置を提供する。

【構成】 レーザ光源2とビームスプリッタ4及び反射ミラー6, 8を有する干渉パターン投影光学系の投影面に、ピエゾ素子16で対向間隔が制御されるクランプ部材12, 14にて挟持した光ファイバ10を配置する。任意の制御電圧Vをピエゾ素子16に供給して光ファイバ10に張力を負荷した状態で干渉パターンを投影することによってコア中に回折格子を形成した後、干渉パターンの投影及び張力負荷を解除して光ファイバ10の自己復元力によって縮小させることにより、所望の反射波長のファイバグレーティングを完成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被製造媒体である光ファイバの側面に照度分布が周期的に変化したパターン光を投影することにより、光ファイバのコア中に周期的な屈折率変化による回折格子を形成するファイバグレーティングの製造方法において、

前記光ファイバに任意の張力を負荷した状態で前記パターン光を投影し、前記屈折率変化を形成した後、前記パターン光の投影と前記張力の負荷を終了することを特徴とするファイバグレーティングの製造方法。

【請求項2】 被製造媒体である光ファイバの側面に照度分布が周期的に変化したパターン光を投影するパターン投影手段と、

前記パターン投影手段にて前記光ファイバに干渉光パターンを投影する際に前記光ファイバに任意の張力を負荷し、前記光ファイバのコア中に周期的な光誘起屈折率変化による回折格子が形成された後、前記張力の負荷を解除する張力負荷手段と、を具備することを特徴とするファイバグレーティングの製造装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ファイバのコア中に周期的な屈折率変化をもたらすブラック回折格子を形成して成るファイバグレーティングの製造方法及びその製造装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ファイバグレーティングは、特定波長の光のみを反射する反射フィルタや波長制御素子、センサ素子など広い用途での活用が期待できるファイバ型光部品であり、特に、挿入損失が低く且つ光ファイバとの結合性が良い等の優れた利点を有するものとして注目されている。

【0003】 ファイバグレーティングの従来の製造技術としては、2光束干渉法、プリズム干渉法、位相格子干渉法が知られており、いずれも基本的には、コア中にGe元素を添加した光ファイバの側面に紫外光干渉パターンを投影し、その干渉パターンの照度分布に対応した光化学変化をコア中に誘起させることによって、コア中に周期的な屈折率変化を生じさせて、ファイバグレーティングの回折格子を形成する。尚、コアの基本屈折率をn<sub>0</sub>、屈折率変化の周期（格子間隔）をPとすると、ファイバグレーティングの反射波長λ<sub>0</sub>は、

$$\lambda_0 = 2 \cdot n_0 \cdot P \quad \cdots (1)$$

によって決まる。

【0004】 そして、2光束干渉法にあっては、干渉光の波長やビームスプリッタへの干渉光の入射角度を変更することにより任意の紫外光干渉パターンを発生させて、上記屈折率変化の周期Pの異なる回折格子を形成することで、反射波長λ<sub>0</sub>の異なる種々のファイバグレーティングを製造することができ、プリズム干渉法にあつ

ては、干渉光の波長やプリズムの形状を変更することによって任意の紫外光干渉パターンを発生させて、上記屈折率変化の周期Pの異なる回折格子を形成することで、反射波長λ<sub>0</sub>の異なる種々のファイバグレーティングを製造することができ、更に、位相格子干渉法にあっては、干渉光の波長や干渉光を発生させるための位相格子のピッチを変更することによって任意の紫外光干渉パターンを発生させて、上記屈折率変化の周期Pの異なる回折格子を形成することで、反射波長λ<sub>0</sub>の異なる種々のファイバグレーティングを製造することができる。

## 【0005】

【明が解決しようとする課題】 しかしながら、これら従来のファイバグレーティング製造技術にあっては、上記の如く、反射波長λ<sub>0</sub>の異なる種々のファイバグレーティングを製造するためには、光学系の調整、特に干渉光の入射角度を調整するという極めて高精度の調整を必要とするので、作業が極めて煩雑となる等の問題があつた。

【0006】 本発明は、このような従来技術の課題に鑑みて成されたものであり、製造精度の低下を招来することなく、種々のファイバグレーティングを製造することができる製造方法とその製造装置を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 このような目的を達成するため、被製造媒体である光ファイバの側面に照度分布が周期的に変化したパターン光を投影することにより、光ファイバのコア中に周期的な屈折率変化による回折格子を形成するファイバグレーティングの製造方法において、前記光ファイバに任意の張力を負荷した状態で前記パターン光を投影し、前記屈折率変化を形成した後、前記パターン光の投影と前記張力の負荷を終了することとした。

【0008】 また、ファイバグレーティングの製造装置において、被製造媒体である光ファイバの側面に照度分布が周期的に変化したパターン光を投影するパターン投影手段と、前記パターン投影手段にて前記光ファイバに干渉光パターンを投影する際に前記光ファイバに任意の張力を負荷し、前記光ファイバのコア中に周期的な光誘起屈折率変化による回折格子が形成された後、前記張力の負荷を解除する張力負荷手段とを具備する構成とした。

## 【0009】

【作用】 ファイバグレーティングの製造方法にあっては、被製造媒体である光ファイバに張力を負荷することによりその光ファイバを張力に応じて伸長させ、その伸長した状態で、干渉光パターンをコアに投影する。よって、その伸長状態のコアにパターン光の照度分布に対応する格子間隔の回折格子が形成される。このように回折格子が形成された後、パターン光の投影と張力負荷を解

除すると、光ファイバ自身の復元力により縮小し（長さが短くなる）、同時に屈折率変化の周期（格子間隔）も張力負荷時より短くなる。そして、光ファイバの張力負荷時での長さと復元後の長さとの間には、負荷した張力と相関関係があることから、張力を任意に設定することによって、最終的に任意の反射波長のファイバグレーティングが製造される。

【0010】ファイバグレーティングの製造装置にあっては、張力負荷手段により任意の張力を光ファイバに負荷した状態でパターン光を投影する。そして、光ファイバのコア中に周期的な屈折率変化による回折格子が形成された後、前記張力の負荷を解除することにより、光ファイバの復元による屈折率変化の周期（格子間隔）を有するファイバグレーティングを製造する。

#### 【0011】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面と共に説明する。まず、図1に基づいて装置の構成を説明する。これは、2光束干渉法を利用した干渉パターン投影光学系を備えている。即ち、所定波長（紫外光）のレーザ光を出射するレーザ光源2と、そのレーザ光を2方向に分岐するビームスプリッタ4とを有すると共に、一方の分岐光を全反射する反射ミラー6と他方の分岐光を全反射する反射ミラー8が対向配置されており、各反射ミラー6、8で全反射される各分岐光が光路長の相違により所定の投影領域において相互干渉させることによって、特定周期で強度分布の変化する干渉パターンを発生させる構成となっている。

【0012】そして、上記投影領域内に、被製造媒体である光ファイバ10の一側端を配置することによって、干渉パターンをクラッド10aの側面かコア10bへ投影し、その干渉パターンの照度分布に対応した光化学変化をコア10b中に誘起させることによって、コア10b中に周期的な屈折率変化を生じさせるようになっている。

【0013】上記投影領域の両側には、光ファイバ10の一端を着脱可能に挟持する第1のクランプ部材12と、光ファイバ10の他端を着脱可能に挟持する第2のクランプ部材14が備えられており、第1、第2のクランプ部材12、14は、ピエゾ素子16を介して連結及び支持されている。

【0014】ピエゾ素子16は、駆動回路18から供給される制御電圧Vの極性及び電圧値に従って伸縮（伸長又は縮小）することにより、第1、第2のクランプ部材12、14の対向間隔を可変調節すると同時に、光ファイバ10に掛かる張力を可変調整する。尚、駆動回路18はマイクロプロセッサを内蔵した制御回路20からの指令に従って制御電圧Vの極性及び電圧値を調節する。

【0015】また、第1のクランプ部材12には張力検知センサ（図示せず）が設けられており、光ファイバ10に掛かる張力をリアルタイムで検知して制御回路20

へ出力する。

【0016】更に、操作者がキーボード（図示せず）を操作して、製造すべきファイバグレーティングの反射波長 $\lambda_r$ を制御回路20に入力すると、制御回路18は、予め内蔵している読出専用メモリから、その指定された反射波長 $\lambda_r$ に対応する張力のデータ $F_r$ を検索すると共に、上記の張力検知センサの検知出力 $S_F$ がその張力データ $F_r$ と等しい値となるように制御電圧Vを帰還制御する。即ち、制御電圧Vを調節することによって、ピエゾ素子16による第1、第2のクランプ部材12、14の対向間隔及び光ファイバ10の長さを制御し、更に張力データ $F_r$ と検知出力 $S_F$ との差分（= $F_r - S_F$ ）が0になるように制御電圧Vを逐次帰還制御することにより、光ファイバ10を指定された反射波長 $\lambda_r$ に対応する長さに調整する。尚、詳細は後述するが、反射波長 $\lambda_r$ は、最終的に完成されるファイバグレーティングの波長としている。

【0017】次に、かかる構成を有する実施例の動作をファイバグレーティングの製造工程に従って説明する。

20 まず、干渉パターン投影光学系を起動させる前に、コア10b中にGe元素を添加して成る光ファイバ10を第1、第2のクランプ部材12、13に装着して挟持させ、所望の反射波長 $\lambda_r$ のデータを制御回路20に対して入力する。これにより制御回路20は、反射波長 $\lambda_r$ に対応する張力データ $F_r$ を検索し、駆動回路18に対してピエゾ素子16への制御電圧Vの供給を指令し、張力データ $F_r$ と検知出力 $S_F$ との差分（= $F_r - S_F$ ）が0になるように制御電圧Vを逐次帰還制御することにより、光ファイバ10を指定された反射波長 $\lambda_r$ に対応する長さに調整する。

【0018】次に、干渉パターン投影光学系を起動すると、特定周期で強度分布の変化する干渉パターンをクラッド10aの側面かコア10bへ投影する。したがって、その干渉パターンの照度分布に対応した光化学変化をコア10b中に誘起させ、コア10b中に周期的な屈折率変化を生じさせる。

【0019】次に、上記屈折率変化が形成された後、干渉パターン投影光学系による干渉パターンの投影を終了すると共に、ピエゾ素子16への制御電圧Vの供給を終了し、更に、光ファイバ10を第1、第2のクランプ部材12、14から取り外すことによって製造工程を完了する。

【0020】ここで、図2(a)に示す如く、光ファイバ10を第1、第2のクランプ部材12、14から取り外す前に、そのコア10b中に形成される屈折率変化の周期が $P_1$ であるとすると、光ファイバ10を第1、第2のクランプ部材12、14から取り外して張力負荷を解除した後は、光ファイバ10自身の復元力により縮小する（長さが短くなる）ので、同時に屈折率変化の周期 $P_2$ も図2(b)に示す如く短くなり、最終的に完成され

るファイバグレーティングの反射波長 $\lambda$ 。はこの周期 $P_2$ を前記式(1)に適用した波長となる。

【0021】そして、光ファイバ10に張力を負荷したときの上記周期 $P_1$ と張力負荷を解除したときの上記周期 $P_2$ との間には所定の相関関係があるので、制御回路20の前記読み出し専用メモリ中には、最終的に反射波長 $\lambda$ を得るための張力データ $F$ として、干渉パターンを投影する際に上記周期 $P_1$ を設定するためのデータが格納されている。

【0022】図3は、干渉パターンを投影する際に上記光ファイバ10に負荷した張力の値と、光ファイバ10の自己復元によって最終的に得られた反射波長 $\lambda$ との関係を実測により得た特性図であり、かかる特性図から明らかな如く、干渉パターンの投影時に光ファイバ10への負荷張力を任意に制御することによって、反射波長の異なる種々のファイバグレーティングを簡易に製造することができる実験的にも確認された。また、干渉パターンを発生させるための干渉パターン投影光学系を従来技術の如く調節しないで、かかる光学系の精度を予め設定した最適状態に維持することができ、高品質のファイバグレーティングを簡易に製造することができる。

【0023】尚、この実施例では、2光束干渉法を適用した製造装置を説明したが、上記の干渉パターン投影光学系をプリズム干渉法や位相格子干渉法を利用した光学系に置き換えても良い。

【0024】また、このような干渉法によらずに照度分布が周期的に変化したパターン光を形成して投影する投影光学系を適用してもよい。

【0025】また、この実施例では、Ge元素をコア中に添加した光ファイバにてファイバグレーティングを製

\*造することとしたので、紫外域の干渉光パターンを投影するようとしたが、本発明はこれに限らず、周期的な強度分布を有する任意の波長光の光パターンを投影することによって、コア中に回折格子を形成するようにしてもよい。

#### 【0026】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、被製造媒体である光ファイバに張力を負荷したときのその長さと張力負荷を解除したときの復元後の長さとの間に

10 所定の相関関係があることに着目し、まず、光ファイバに任意の張力を負荷した状態で干渉パターンをコアに投影することによって回折格子を形成した後、張力負荷を解除することで復元力による長さに設定することによって最終的な反射波長のファイバグレーティングを実現するようにしたので、干渉パターンを発生させる光学系も調節が不要となり、更に、反射波長の異なる様々なファイバグレーティングを簡易に且つ高精度で製造することができるという優れた効果を発揮する。

#### 【図面の簡単な説明】

20 【図1】一実施例のファイバグレーティング製造装置の構成を示す概略構成図である。

【図2】実施例のファイバグレーティング製造方法の原理を説明するための説明図である。

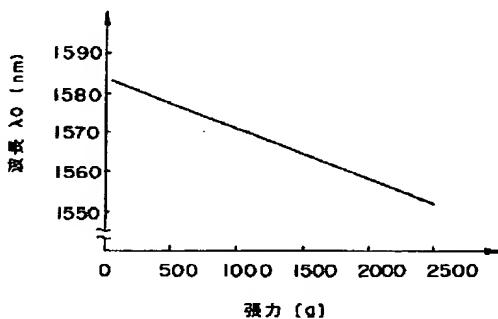
【図3】実施例の作用・効果を説明するための特性図である。

#### 【符号の説明】

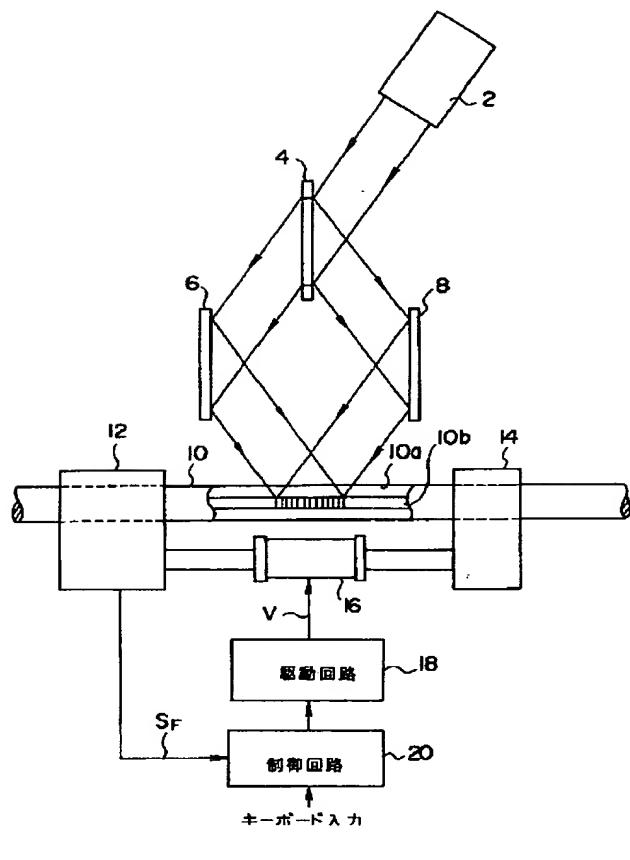
2…レーザ光源、4…ビームスプリッタ、6, 8…反射ミラー、12, 14…クランプ部材、16…ピエゾ素子、18…駆動回路、20…制御回路。

\*30

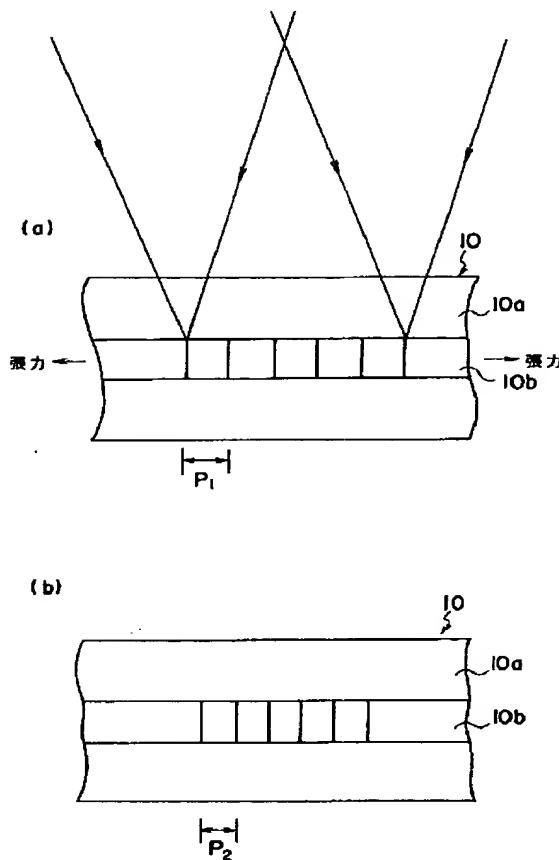
【図3】



【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 井上 享

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72)発明者 茂原 政一

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内